

УДК 620.193.92

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ГАЗОПРОВОДОВ  
С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ИНТЕНСИВНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**А.В. ПРИЩЕП; канд. техн. наук, доц. А.Г. КУЛЬБЕЙ**  
(Полоцкий государственный университет)

*Рассмотрены методы контроля состояния изоляционных покрытий подземных газопроводов. Выделены основные цели, задачи и результаты электрометрических обследований на подземных газопроводах. Выполнен анализ методов интенсивных измерений и сделан вывод о целесообразности применения каждого метода.*

**Ключевые слова:** *катодная защита, защитный потенциал, коррозионные повреждения, изоляционные покрытия, интенсивные измерения.*

Металлические газопроводы подвергаются разрушающему воздействию коррозии и поэтому нуждаются в эффективной противокоррозионной защите. Подземные газопроводы, проложенные непосредственно в земле, подвергаются коррозии ввиду того, что почвы, в состав которых входят минералы, различные органические вещества и влага, образуют электролиты, которые являются коррозионными средами. Таким образом, на подземных газопроводах протекают процессы, характерные для электрохимической коррозии.

На подземных газопроводах наиболее часто встречаются следующие виды электрохимической коррозии:

- *почвенная* – происходит под воздействием почв и грунтов;
- *электрокоррозия* – вызвана токами утечки (с рельсов электрифицированного транспорта, промышленных установок);
- *контактная* – происходит под воздействием контакта металлов, имеющих в данном электролите разные стационарные потенциалы.

Прекращение коррозионного процесса на наружной поверхности трубопровода реализуется путем наложения на трубопровод внешнего тока либо нанесением на наружную поверхность трубопровода изоляционного покрытия. Применение первого способа именуется активной защитой, второго – пассивной. Таким образом, изоляционные покрытия трубопроводов выполняют функцию пассивной защиты, а катодная поляризация – активной.

Известно, что даже качественно выполненное изоляционное покрытие в процессе эксплуатации теряет свои диэлектрические свойства, водостойкость, адгезию [1]. Также при засыпке трубопроводов в траншею, при их температурных перемещениях, при воздействии корней растений могут образовываться повреждения изоляции. Кроме того, в покрытиях остается некоторое количество незамеченных при укладке трубопровода дефектов. Следовательно, изоляционные покрытия не гарантируют необходимой защиты подземных трубопроводов от коррозии. Исходя из этого, в нормативной документации [2] предусмотрено, что защита трубопроводов от подземной коррозии независимо от коррозионной активности грунта и района их прокладки должна осуществляться комплексно защитными покрытиями и средствами электрохимической защиты (ЭХЗ).

Изолирующие покрытия являются основным видом защиты подземных газопроводов от коррозии, а катодная поляризация – вспомогательным, для защиты прежде всего мест оголенной трубы (поверхности трубы в местах наличия в изоляционном покрытии пор, трещин и других дефектов) путем поддержания необходимого по величине защитного потенциала.

Катодная поляризация трубопровода осуществляется от внешнего источника постоянного тока – специальных установок катодной защиты (УКЗ) или путем подключения протекторов. Основным параметром, определяющим качество катодной защиты, является защитный потенциал ( $U_{т-з}$ ) – электродный потенциал металлоконструкции относительно грунта (земли). Его величина устанавливается таким образом, что коррозионные реакции либо не идут вообще, либо идут с такой скоростью, что ими можно пренебречь.

Катодная защита регламентируется путем поддержания необходимого защитного потенциала, который измеряется между трубопроводом и медно-сульфатным электродом сравнения.

Электрохимическая защита должна обеспечивать в течение всего срока эксплуатации непрерывную по времени катодную поляризацию трубопровода на всем его протяжении (и на всей его поверхности) таким образом, чтобы значения потенциалов на трубопроводе были (по абсолютной величине) не меньше минимального и не больше максимального значений. Значения минимального и максимального за-

щитных потенциалов зависят от условий прокладки и эксплуатации трубопровода, а именно удельного электрического сопротивления грунта и температуры транспортируемого продукта (приведены в [2]).

Для обеспечения эффективной противокоррозионной защиты подземных трубопроводов должны регулярно контролироваться, учитываться и регулироваться различные параметры. Контроль состояния (качества) изоляционных покрытий и эффективности катодной защиты на подземных трубопроводах достигается путем выполнения соответствующих электрометрических обследований (измерений).

#### Электрометрические измерения на подземных трубопроводах

Авторами данной работы изложено свое видение основных целей, задач и результатов электрометрических обследований некоторых объектов (рисунок 1).

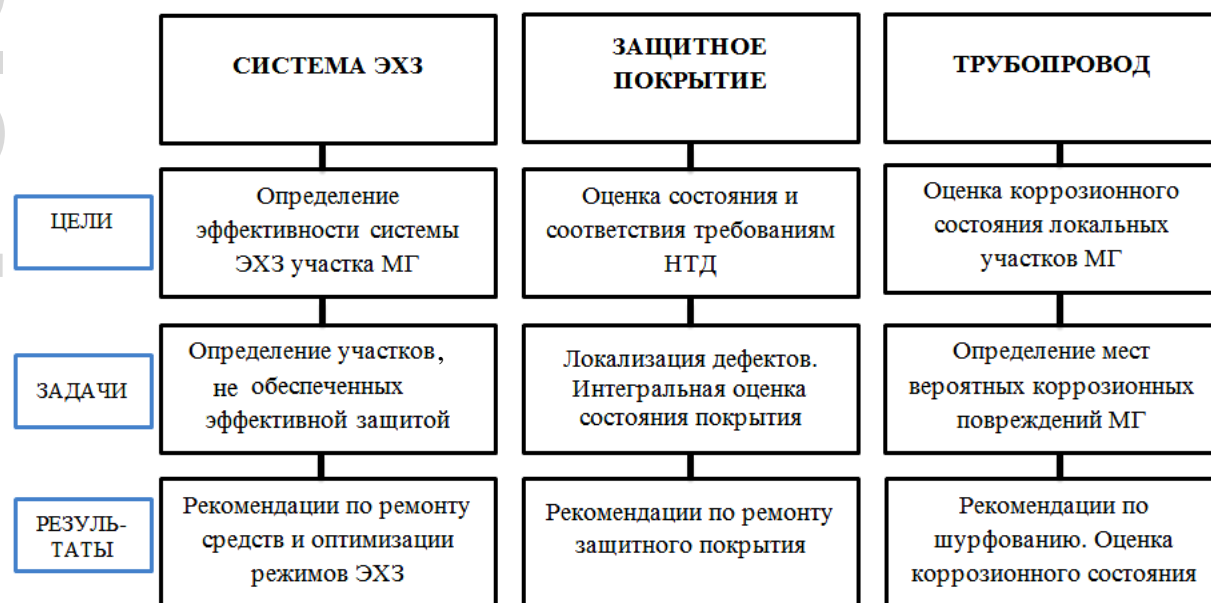


Рисунок 1. – Цели, задачи и результаты электрометрических обследований

Основными целями электрометрических измерений на подземных трубопроводах являются:

- оценка состояния электрохимической защиты участка трубопровода;
- оценка состояния изоляционного покрытия участка трубопровода.

Электрометрические измерения по оценке состояния электрохимической защиты участка трубопровода входят в состав обследования, при котором выявляется состояние всех средств электрозащиты, определяется состояние электрозащищенности участка по протяженности и во времени, а также возможность стопроцентного обеспечения защиты.

Электрометрические измерения по оценке состояния изоляционного покрытия участка трубопровода входят в состав обследования, при котором предусматривается определение обобщенных сравнительных оценок состояния изоляции протяженных участков, а также выявление каждого места сквозного дефекта изоляции и оценка масштабов дефектности на каждом погонном метре трубопровода.

В обоих случаях исследования направлены на выявление и устранение мест и участков трубопровода, в которых из-за нарушения качества противокоррозионной защиты коррозионные повреждения являются потенциально возможными.

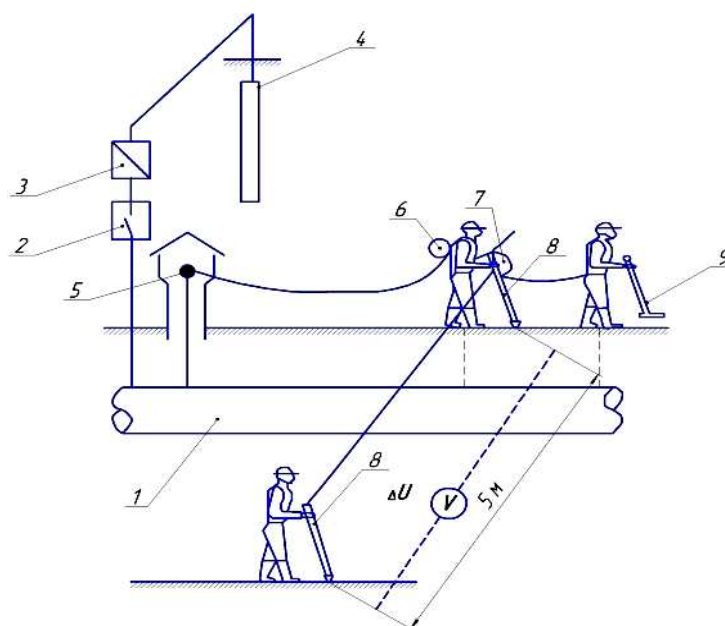
В Беларуси для оценки работы средств защиты от коррозии путем проведения интенсивных измерений достаточно широко используются измерительные комплексы, например «MoData», который включает в свой состав измерительную аппаратуру для проведения измерений и сбора данных. Такие измерительные комплексы позволяют получить данные об эффективности работы установленных средств электрозащиты и состоянии изоляционного покрытия, определить характер взаимного влияния электрохимической защиты, установленной на соседних подземных сооружениях, и по полученным данным судить о возможности коррозионных повреждений трубопровода. При проектировании новых подземных газопроводов необходимо проводить измерения, позволяющие определить параметры грунтов на намечаемой трассе, наличие и характер влияния источников блуждающих токов. Измерения разности потенциалов «труба – земля» ( $U_{T-з}$ ), играют первостепенную роль в определении коррозионного состояния газопровода, выявлении опасных в коррозионном отношении участков.

### Интенсивные электроизмерения

Метод «интенсивных измерений» является основным методом электроизмерений. Суть метода «интенсивных измерений» сводится к измерениям с малым шагом (2...5 м) определенных электрохимических параметров трубопровода при фиксированных режимах работы установок катодной защиты (УКЗ), влияющих на защиту обследуемого участка трубопровода, и последующим математическим вычислениям с результатами этих измерений [3]. Результаты измерений и «привязку» точки, в которой выполнены измерения, вводят в память компьютера. Для точного определения потенциала «труба – земля» необходимо, чтобы все станции катодной защиты (СКЗ) участка проведения измерений отключались одновременно. Для этого используют специальные синхронные выключатели, которые подключаются к сети станции и одновременно по радиосигналу размыкают цепь СКЗ. Разность срабатывания таких выключателей составляет 2...3 мкс [4].

Методы «интенсивных измерений» позволяют локализовать единичные сквозные дефекты на фоне качественного изоляционного покрытия и оценивать защищенность трубопровода в этих дефектах. На трубопроводах с некачественным покрытием их результаты, как правило, только констатируют неудовлетворительное состояние изоляции. Однако методы «интенсивных измерений» не дают количественных характеристик состояния изоляционных покрытий обследованных участков подземных трубопроводов. Особенно неэффективны «интенсивные измерения» на участках трубопроводов, подверженных влиянию блуждающих токов [5]. Корректная область применения методов «интенсивных измерений» – трубопроводы с изоляцией, построенные с учетом требований [2], и для этих трубопроводов «интенсивные измерения» является наиболее эффективным методом обследования.

На практике такие измерения проводятся согласно рисунку 2, на котором представлен *двухэлектродный метод* – широко известный метод интенсивных измерений.



- 1 – трубопровод; 2 – прерыватель тока УКЗ;  
3 – преобразователь; 4 – анодное заземление; 5 – КИП;  
6 – катушка с проводом; 7 – измерительный прибор (MoData);  
8 – медно-сульфатный электрод; 9 – трассоискатель

Рисунок 2. – Двухэлектродный метод электроизмерений

Один человек определяет местонахождение оси трубопровода прибором-трассоискателем и перемещает измерительный шнур, которым отмечается расстояние в 2...5 м (шаг измерения). Второй – измеряет падение напряжения в грунте между электродами сравнения, находящимися над трубопроводом и на определенном расстоянии (5 м) перпендикулярно к нему для определения местонахождения повреждений изоляционного покрытия. Третий человек измеряет потенциал «труба – земля» относительно электрода сравнения, установленного над осью трубопровода.

Поскольку для измерения потенциала «труба – земля» необходимо подключение к трубопроводу, то это подключение переносится от одного КИП к другому с помощью кабельной катушки вплоть до его

достижения. В целях повышения экономичности работы при проведении таких измерений используются приборы мобильного сбора данных на компьютерной основе. При помощи подключенного преобразователя сигналов измеряемые значения фиксируются напрямую, обрабатываются и накапливаются. Таким образом, весь процесс измерений от замера величин, их обработки и архивирования занимает минимум времени.

При таком методе измеряется потенциал включения и выключения, а также воронка включения и выключения в каждом пункте измерения. С помощью этих величин получают следующую информацию:

- начальную информацию о состоянии катодной поляризации трубопроводов на местах;
- указания на большие повреждения в изоляционном покрытии и оценивают их величину;
- информацию о состоянии катодной поляризации в зоне больших повреждений покрытия.

Измерения потенциала включения и выключения производятся при непосредственном подключении к измерительным контактам КИП. Измерение воронки включения и выключения производится на максимально возможном удалении от оси трубопровода (от 5 до 10 м). Для лучшего сравнения значений воронки напряжений ее измерение необходимо проводить по возможности на постоянном расстоянии, перпендикулярном к оси трубопровода. С точки зрения проведения технических измерений двухэлектродный метод является простейшим, так как показания снимаются непосредственно на КИП без суммирования расчетов.

*Трехэлектродный метод* – расширенный двухэлектродный метод, т.е. двухэлектродный метод с расширенными возможностями. В отличие от двухэлектродного, при трехэлектродном методе измеряются два значения воронки напряжения с обеих сторон оси трубопровода [5]. Благодаря одновременному измерению потенциала и обеих воронок напряжения слева и справа от оси трубопровода измерительный комплекс позволяет рассчитать потенциал, свободный от омической составляющей, методом экстраполяции.

Особым достоинством трехэлектродного метода является возможность интерпретации данных интенсивных измерений, полученных на участках с параллельно проложенными трубопроводами. Воронка напряжения от соседнего трубопровода с одной стороны оси проверяемого трубопровода может быть устранена при обработке данных измерений и при оценке значений измерений могут быть сделаны более правильные выводы.

Трехэлектродный метод часто применяется на участках трубопровода с дефектами изоляции, предварительно определенными по IFO-методу.

Измерение воронок напряжения в сочетании с расчетом потенциала, свободного от омической составляющей, в большинстве случаев позволяет сделать более точные, чем при других методах измерений, выводы об эффективности катодной защиты на участках с поврежденной изоляцией.

*Метод суммирования* – также метод интенсивных измерений, позволяет путем простого измерения падений напряжений вдоль трубопровода рассчитать потенциал и воронку напряжения в каждой точке объекта.

Метод базируется на предположении, что воронка напряжений между электродами, расположенными на участке земли, отдаленном от трубопровода, равна 0 мВ.

Этот метод может быть успешно применен на протяженных трубопроводах в случае отсутствия блуждающих токов. По сравнению с обычным методом интенсивных измерений он более экономичен и производителен.

*IFO-метод* (интенсивное определение участков дефектов изоляции) также может быть отнесен к методам с интенсивным измерением. В основном его применяют на новых трубопроводах с высококачественной изоляцией и с малым количеством дефектов изоляции.

IFO-метод служит только для обнаружения мест дефектов изоляции. Контроль потенциалов при этом методе не производится. Для контроля потенциалов на КИП во время IFO-измерений необходимо перейти на двухэлектродный метод.

Во многих случаях во время применения IFO-метода ток катодной станции следует преднамеренно увеличить (что смещает потенциал в наиболее отрицательную область), в целях оптимизации измерения наименьших разностей напряжений.

### Выводы

Естественно, что каждый из вышеописанных методов интенсивных измерений может быть оптимально использован лишь в каких-то конкретных условиях, в связи с чем для подземных газопроводов всегда должен производиться предварительный выбор метода для заданных условий эксплуатации.

С точки зрения технических измерений двухэлектродный метод является простейшим, но в то же время необходимое измерение воронки напряжения с как можно большим и постоянным поперечным удалением от оси трубопровода (например, 5 м) осложняет снятие показаний на труднопроходимых участках и в черте города.

Измерение трехэлектродным методом требует участия большого количества персонала. Двухстороннее измерение воронки напряжения как можно с большим и постоянным расстоянием между электродами (например, 10 м между двумя электродами) приводит к уменьшению дневной выработки на труднопроходимых участках. Однако трехэлектродный метод имеет особое преимущество при интерпретации данных интенсивных измерений на участках с параллельно пролегающими трубопроводами. Воронка напряжения от соседнего трубопровода с одной стороны оси проверяемого трубопровода может быть устранена при обработке данных измерения, вместе с тем предоставляется возможность сделать более правильные выводы.

ИГО-метод можно отнести к методам, применяемым на новых трубопроводах с высококачественной изоляцией и незначительным количеством дефектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Об оценке технического состояния подводных переходов магистральных трубопроводов / А.И. Вегера [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия, В. Промышленность. Прикладные науки. – 2006. – № 3. – С. 137–142.
2. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии : СТБ ГОСТ Р 51164-2001 : утв. и введен в действие постановлением Госстандарта Респ. Беларусь от 29 дек. 2001 г. № 54. – Минск.
3. Остапенко, В.Н. Электрохимическая защита трубопроводов от коррозии / В.Н. Остапенко, Л.Н. Ягупольская, В.В. Лукович. – Киев : Наук. думка, 1988. – 245 с.
4. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений. Т. 1. Справочник / под ред. А.А. Герасименко. – М. : Машиностроение, 1987. – 687 с.
5. Рекомендации по электрическим измерениям изысканиям. – М. : ВНИИСТ, 1968. – 73 с.
6. Инструкция по контролю состояния изоляции законченных строительством участков трубопроводов катодной поляризацией. – М. : ВНИИСТ, 1976. – 47 с.

Поступила 17.05.2017

#### QUALITY CONTROL OF THE ANTI-RUSTING PROTECTION OF GAS LINES BY THE METHOD OF INTENSIVE MEASUREMENTS

*A. PRISHCHER, A. KULBEI*

*The condition monitoring methods of insulation coatings of underground gas lines are studied. There were identified main goals, tasks and the results of underground gas lines electrometric surveys. The analysis of intensive measurements methods and the conclusion about expediency of each method usage were made.*

**Keywords:** *cathodic protection, protection potential, corrosion damage, insulation coating, intensive measurements.*